

Ⅲ 加速器／ビームライン等の現状

1 加速器

1. 光源加速器概要

SAGA-LS 光源加速器は、入射用電子リニアック(0.257 GeV)と放射光発生用電子蓄積リング(1.4 GeV)から構成される。低エネルギー入射方式を採用し、リニアックで加速された電子ビームは蓄積リングへ入射蓄積後さらに加速される。蓄積リング電磁石は、偏向電磁石2台、4極電磁石5台(QF1×2, QF2×1, QD1×1)から構成されるセルと呼ぶ基本的磁石配置の8回繰り返しとなっている。各セル境界となる8か所の長直線部に挿入光源、入射用セパタム、高周波空洞等が設置されている。

現在、シンクロトロン光光源としては、偏向磁石光源(7ポート)、挿入光源(4ポート)が運用されている。挿入光源の内訳は、APPLE-II アンジュレータLS3U(佐賀県)、プラナーアンジュレータLS4U(佐賀大)、ハイブリッド型3極超伝導ウィグラーLS2W(佐賀県)、LS5W(住友電工)である。

2. 運転状況

ユーザー運転における加速器の入射加速手順は、まず電子ビームをリニアックで加速し、蓄積リングへ毎秒数mA入射し、300 mA強蓄積された段階で入射を終了し、蓄積リング内で0.257 GeVから1.4 GeVに加速

する。超伝導ウィグラー2台(LS2W、LS5W)を同時に4Tに励磁した後、ベータートロンチューン、ビーム軌道、カップリング等のビーム補正を行い、ユーザー運転を開始する。ユーザー運転開始時の蓄積電流は約300 mAで、蓄積電流×ビーム寿命($i\tau$ 積)は1500 mAh程度である。

光源加速器の一週間の基本運転サイクルは、月曜マシンスタディ、火曜～金曜ユーザー運転(火曜2回入射、その他曜日1回入射)である。週末、休日の運転は原則行っていない。一日のユーザー運転時間は1回入射日11時間(10:00-21:00)、2回入射日9.5時間(前半10:00-15:00、後半16:30-21:00)である(2回入射日では、15:00にビームダンプを行い、ウィグラー2台の消磁完了後、1回目と同様の手順で再入射が行われる)。

2019年度の光源加速器の主な計画的運転停止期間は、2019年8月0.3ヵ月(夏期休暇)、10月1ヵ月(加速器点検シャットダウン)、12月末～翌年1月0.5ヵ月(年末年始休暇)であった。2019年度の光源加速器のユーザー運転時間は1643時間であった。図1に2006年開所から本年度までの年間ユーザー運転実施時間を示す。2008年の実験ホール東側増築時期を除くと年間の運転サイクルに大きな変化はなく、光源の運転時間は1500時間程度で推移している。

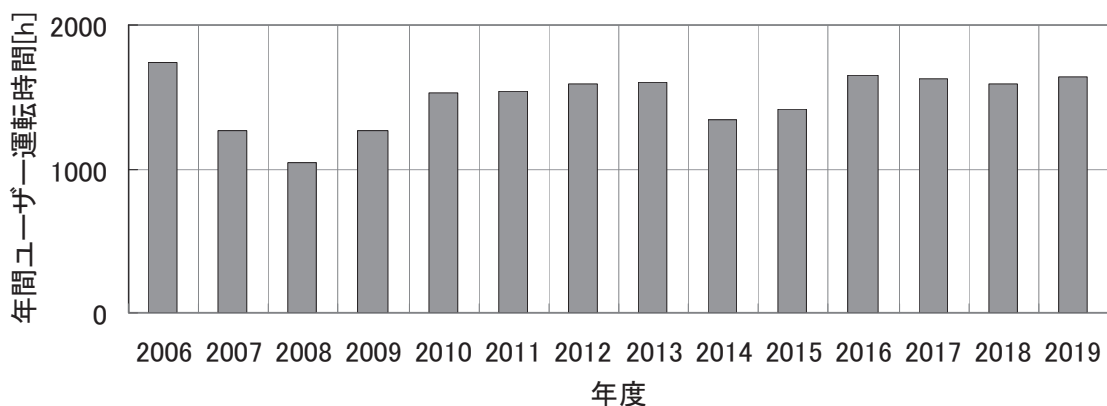


図1 2006～2019年度年間ユーザー運転時間

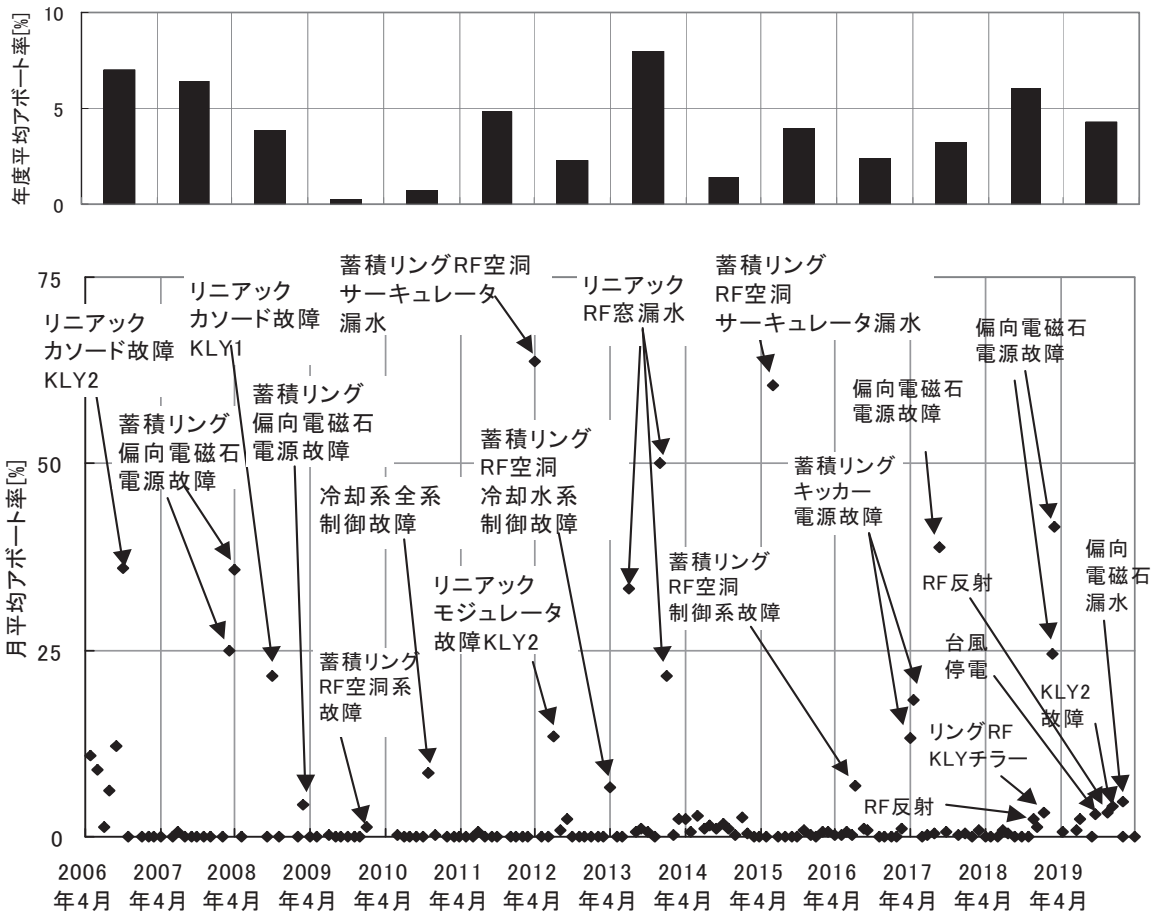


図2 開所以来の年度平均アボート率(上)と月平均アボート率(下)

3. 加速器トラブル

2019年度ユーザー運転中に加速器が要因となったビームアボートは14件、計71.3時間でアボート率は4.3%であった(ここでいうアボート率は光源要因のビームアボート時間をユーザー運転実施時間で除したもの)。主なアボート要因は蓄積リング4極電磁石QD1電源故障(33時間)、リニアッククライストロン電源KLY2故障(11時間)、蓄積リング偏向電磁石BM5漏水(11.4時間)、台風による停電(11時間)、蓄積リング高周波系空洞反射(4.5時間)である。開所以降本年度までのアボート率の年平均及び月平均の推移を図2に示す。従来一旦故障すると大きな停止時間を要する電磁石電源等重要設備の少数の重大故障が年度全体のアボート率を決めていたが、本年度は状況が変化し、停止時間が長い重大故障がない反面、図2からもわかるように中故障というべきより軽度のトラブルの頻度は増大している。空洞反射については空洞本体かこれに近い領域での放電が要因と推定され、ここ数年、空洞反射が頻発した際には空洞電圧を段階的にわずかず

つ下げることで抑制してきた。現状、空洞反射による運転中断は比較的短時間で復旧できているものの、空洞電圧を下げることは電子の安定周回条件の限界に近づくこと意味し、潜在的には大きな課題となりつつある。重要設備の経年劣化が様々な形で進行していると考えている。

4. まとめ及び結論

SAGA-LS加速器では、放射光光源として偏向電磁石、アンジュレータ、超伝導ウィグラーが定常的に運用されている。本年度加速器は運転時間約1600時間、アボート率約4%でユーザー運転が実施された。主なアボート要因は加速器電源設備の故障であった。また空洞反射トラブルが課題となりつつある。開所から14年が経過し、重要設備の老朽化対策、更新が重要となっている。

九州シンクロトロン光研究センター
加速器グループ
江田 茂